

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

JC986 U.S. PTO
09/94274
08/31/01

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されて
いる事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed
with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application: 2000年 9月21日

出 願 番 号

Application Number: 特願2000-287590

出 願 人

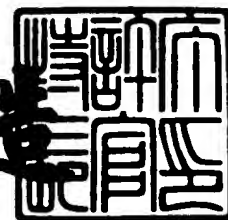
Applicant(s): 株式会社東芝

CERTIFIED COPY OF
PRIORITY DOCUMENT

2001年 4月27日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Japan Patent Office

及 川 耕 造



Attorney: Sakai
Filing Date: August 31, 2001
Attorney Docket: 282933

出証番号 出証特2001-3035991

【書類名】 特許願

【整理番号】 A000005481

【提出日】 平成12年 9月21日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 G11B 5/00

【発明の名称】 垂直磁気記録方式の磁気ディスク装置

【請求項の数】 6

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都青梅市末広町2丁目9番地 株式会社東芝青梅工場内

 【氏名】 酒井 裕児

【特許出願人】

 【識別番号】 000003078

 【氏名又は名称】 株式会社 東芝

【代理人】

 【識別番号】 100058479

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 鈴江 武彦

 【電話番号】 03-3502-3181

【選任した代理人】

 【識別番号】 100084618

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 村松 貞男

【選任した代理人】

 【識別番号】 100068814

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 坪井 淳

【選任した代理人】

 【識別番号】 100092196

【弁理士】

【氏名又は名称】 橋本 良郎

【選任した代理人】

【識別番号】 100091351

【弁理士】

【氏名又は名称】 河野 哲

【選任した代理人】

【識別番号】 100088683

【弁理士】

【氏名又は名称】 中村 誠

【選任した代理人】

【識別番号】 100070437

【弁理士】

【氏名又は名称】 河井 将次

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 011567

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【ブルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 垂直磁気記録方式の磁気ディスク装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 ディスク記録媒体の垂直方向に記録データに対応する磁化領域が形成されるディスク記録媒体と、当該ディスク記録媒体に対してデータのリード／ライト動作を実行する磁気ヘッドとを有する垂直磁気記録方式の磁気ディスク装置において、

前記ディスク記録媒体は、半径方向に構成される各トラックの周方向に等間隔で配置されるサーボエリアが設けられて、

当該サーボエリアには、正極性を有する磁化領域の長手方向の長さの総和と、負極性を有する磁化領域の長手方向の長さの総和とが等しくなるような変調データからなり、前記磁気ヘッドの位置決め制御に使用されるサーボデータが記録されている構成であることを特徴とする磁気ディスク装置。

【請求項 2】 磁気ヘッドを使用して、ディスク記録媒体の垂直方向に記録データに対応する磁化領域が形成されるデータ記録手段及び当該磁化領域の磁化転移点でステップ状に変化する再生信号を抽出するデータ再生手段を備えた垂直磁気記録方式の磁気ディスク装置において、

前記データ再生手段は、所定の遮断周波数 f_c を有する低域遮断特性を備えており、

前記ディスク記録媒体は、半径方向に構成される各トラックの周方向に等間隔で配置されるサーボエリアが設けられて、

前記サーボエリアには、前記磁化領域の最大磁化反転間隔時間 T_{min} が、「 $T_{min} \leq -\ln(N) / 2\pi f_c$ 、但し \ln は自然対数」の関係式において、当該 N が 0.5 以上であるような条件を満たす変調データからなり、前記磁気ヘッドの位置決め制御に使用されるサーボデータが記録されている構成であることを特徴とする磁気ディスク装置。

【請求項 3】 前記サーボデータは、前記ディスク記録媒体上に構成されるトラックを識別するためのトラックアドレス及び前記サーボエリアを先頭とする所定のデータセクタを含む範囲であるサーボセクタを識別するためのサーボセク

タアドレスを含むことを特徴とする請求項 1 又は請求項 2 記載の磁気ディスク装置。

【請求項 4】 前記磁気ヘッドにより前記ディスク記録媒体から記録データを再生するデータ再生時に、前記磁化領域の磁化転移点でステップ状に変化する再生信号を抽出し、PRML 方式の信号処理回路により元の記録データに復号化するデータ再生手段を有することを特徴とする請求項 1 記載の磁気ディスク装置。

【請求項 5】 垂直磁気記録方式の磁気ディスク装置に使用されるディスク記録媒体であって、

半径方向に構成される各トラックの周方向に等間隔で配置されるサーボエリアが設けられて、

当該サーボエリアには、正極性を有する磁化領域の長手方向の長さの総和と、負極性を有する磁化領域の長手方向の長さの総和とが等しくなるような変調データからなるサーボデータが記録されていることを特徴とするディスク記録媒体。

【請求項 6】 垂直磁気記録方式の磁気ディスク装置に使用されるディスク記録媒体であって、

半径方向に構成される各トラックの周方向に等間隔で配置されるサーボエリアが設けられて、

前記サーボエリアには、前記磁化領域の最大磁化反転間隔時間 T_{min} が、「 $T_{min} \leq -\ln(N) / 2\pi f_c$ 、但し \ln は自然対数」の関係式において、当該 N が 0.5 以上であるような条件を満たすような変調データからなるサーボデータが記録されていることを特徴とするディスク記録媒体。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、一般的には垂直記録方式の磁気ディスク装置に関し、特に再生エラーレートを向上できる変調データからなるサーボデータが記録されているディスク記録媒体を有する磁気ディスク装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

近年、ハードディスクドライブを代表とする磁気ディスク装置の分野では、長手磁気記録（面内磁気記録）方式での記録密度の限界を超えるための技術として、垂直磁気記録方式が注目されている。長手磁気記録方式は、図 1 6（A）に示すように、データ（0／1）がデータトラック 1 6 0 に記録される場合、当該データに対応する磁化領域（矢印）がディスク記録媒体（以下単にディスクと称する）の長手方向（回転方向に相当する）に形成される。なお、同図（B）は、磁気ヘッド（単にヘッドと称する）により読出された再生信号波形を示す。

【0 0 0 3】

これに対して、垂直磁気記録方式は、図 1 7（A）に示すように、データ（0／1）がデータトラック 1 7 0 に記録される場合、当該データに対応する磁化領域がディスクの垂直方向（深さ方向）に形成される。垂直磁気記録方式は、相対的に信号分解能が高く、高線記録密度でも信号振幅の減衰が小さいため、高い面記録密度化を実現できる。しかし、垂直磁気記録方式では、同図（B）に示すように、ヘッドにより読出された再生信号には、直流（DC）を含む低周波成分が含まれる。

【0 0 0 4】

従来のディスクドライブに使用されているデータ再生回路系（リード／ライトチャンネル）は、低域遮断特性を有するため、再生信号から低周波成分を除去するような信号処理を実行することになる。このため、垂直磁気記録方式は、再生信号波形には歪みが発生し、デコーダによりデータの復号化を行なう場合に、復号エラーレート（再生エラーレート）が高くなるという問題がある。

【0 0 0 5】

ディスクドライブでは、ディスク上にはユーザデータの記録領域であるデータトラック以外に、予めサーボデータが記録されているサーボエリアが設けられている。サーボデータは、ディスク上の目標位置（目標トラック）にヘッドを位置決め制御するためのに使用されるものであり、トラックアドレス（トラック番号又はシリンダコードとも称する）及びサーボセクタアドレス（サーボセクタ番号）等を含む。以下、トラックアドレス及びサーボセクタアドレスを総称して、サ

ーボアドレスと表記する。一般的に、サーボデータは、ユーザデータと比較して記録周波数が低い。このため、垂直磁気記録方式では、特にサーボデータの再生信号波形の歪みにより再生エラーレートが劣化し、ヘッド位置決め制御の精度が低下する問題がある。

【 0 0 0 6 】

以下、垂直磁気記録方式により、ディスク上に記録されたサーボデータに対する再生特性について具体的に説明する。ここで、サーボデータには、前記のサーボアドレス以外に、プリアンプル及びポストアンプルのデータパターンが含まれる。また、サーボデータは、NRZ I (non return to zero inverted) 変調方式により記録されているものと想定する。サーボデータ (0/1) は、例えば変調データ (0000/1010) に変換される。

【 0 0 0 7 】

図 1 8 は、サーボデータの変調前データと変調後データの具体例を示す。同図 (A) はプリアンプルであり、同図 (B) はサーボアドレスであり、同図 (C) はポストアンプルである。このような各変調後データがディスク上に NRZ I 変調方式で記録されている場合に、ヘッドにより読出された再生信号は、図 1 9 (A) 及び図 2 0 (A) に示す波形となる。図 1 9 (A) は、低域遮断の影響を受けていない場合の再生信号波形である。一方、図 2 0 (A) は、低域遮断の影響を受けた場合の再生信号波形である。なお、便宜上、各再生信号にはノイズは含まれていないものと想定する。

【 0 0 0 8 】

ここでは、再生信号を処理するためのリード/ライトチャネルは、低域遮断周波数 f_c (振幅特性が -3 dB 低下する周波数) が、「 $f_c = -\ln(0.5) / (2\pi T_{\min})$ 」の条件を満たすものと想定する (図 2 0 (A) を参照)。ここで、 T_{\min} はサーボデータの最大磁化反転間隔時間を意味し、「 $T_{\min} = 17 T_b$ (T_b : 変調後のビット周期)」である。さらに、リード/ライトチャネルは、PRML (partial response maximum likelihood) 方式の信号処理を実行し、ここではクラス 2 (PR 2 式) の等化処理後の信号に対する ML 復号方式 (ビタビ復号方式) によるデータ検出

(弁別)を実行する。図19(B)は、同図(A)に示す低域遮断の影響を受けていない場合の再生信号がPR2式で等化された後の波形である。ノイズを含まない信号の場合には、0, ± 1 , ± 2 の5値のサンプル値を取り、サンプル値0, ± 2 はデータ「0」に弁別されて、サンプル値 ± 1 はデータ「1」に弁別される。さらに、これらの弁別データは、「 $1/1+D$ 」の伝達多項式を有するポストコーダにより復号されて、記録データである変調後データに復調される。

【0009】

図15は、低域遮断の影響を受けていない場合において、データの変調及び復調のプロセスを示す図である。同図(A)は、サーボアドレスの変調前データを示す。同図(C)は、同図(B)に示す変調後データをNRZI記録した後に、リード/ライトチャネルでPR2式の等化处理により得られたサンプル値を示す。同図(D)は、サンプル値からML復号によりデータ(0/1)の検出がなされた弁別データを示す。さらに、同図(E)は、ポストコーダにより復号(復調)された変調後データである。

【0010】

このような低域遮断の影響を受けていない場合に対して、図20(A)に示すように、低域遮断の影響を受けた場合の再生信号には、エンベロープが変動するような信号歪が発生している。このため、リード/ライトチャネルにおいて、PR2式で等化された後の再生波形は、同図(B)に示すように、サンプル値がシフトしてしまう(指示範囲200を参照)。このため、サンプル値からML復号によりデータ(0/1)の検出がなされたときに、弁別データには誤りが発生する。

【0011】

【発明が解決しようとする課題】

前述したように、垂直磁気記録方式を適用したディスクドライブでは、ディスクから読出された再生信号には低周波成分が含まれているため、特に低周波数のサーボデータの再生信号はリード/ライトチャネルの低域遮断の影響を受けやすい。このため、再生信号波形には歪が発生し、PRML方式の信号処理において誤ったデータが検出されて、再生エラーレートが高くなる可能性がある。従来に

においても、直流成分を含む符号化データを伝送するときに、受信側での復号誤りを防止するための技術が提案されている（例えば特公平 5 - 4 8 6 6 号公報を参照）。しかし、当該従来技術を、垂直磁気記録方式のディスクドライブにはそのまま適用することは不可能である。

【 0 0 1 2 】

サーボデータの再生エラーレートが高い場合には、サーボアドレスに誤ったデータが含まれるため、特にヘッドをディスク上の目標位置まで移動させるシーク動作等のヘッド位置決め制御の精度（サーボシステムの性能）が低下することになる。結果として、垂直磁気記録方式では、サーボシステムの性能が実用化を妨げる問題の一つになっている。

【 0 0 1 3 】

そこで、本発明の目的は、特に低域遮断の影響を受けやすいサーボデータの再生エラーレートを向上させて、十分なサーボシステムの性能を実現して、垂直磁気記録方式の磁気ディスク装置の実用化を推進することにある。

【 0 0 1 4 】

【課題を解決するための手段】

本発明は、垂直磁気記録方式において、低域遮断特性を有するリード／ライトチャネルの再生信号処理時に、再生信号歪による誤ったデータ検出を防止できるように変調されたサーボデータを記録したディスクを有する磁気ディスク装置に関する。

【 0 0 1 5 】

具体的には、本発明の第 1 の観点としては、半径方向に構成される各トラックの周方向に等間隔で配置されるサーボエリアが設けられて、当該サーボエリアには、正極性を有する磁化領域の長手方向の長さの総和と、負極性を有する磁化領域の長手方向の長さの総和とが等しくなるような変調データからなるサーボデータが記録されているディスクを備えた磁気ディスク装置である。

【 0 0 1 6 】

このような構成により、ヘッドによりサーボエリアから読出された再生信号が低域遮断特性を有するリード／ライトチャネルにより再生処理された場合でも、

再生信号歪の発生を抑制することが可能となる。従って、リード／ライトチャネルのPRML方式により復号化されるサーボデータの再生エラーレートを低下させることができる。これにより、特にサーボエリアから再生したサーボアドレスを使用するシーク動作等を十分な精度で実行できるため、サーボシステムの性能を向上できる。

【0017】

本発明の第2の観点として、前記サーボエリアには、前記磁化領域の最大磁化反転間隔時間 T_{min} が、「 $T_{min} \leq -L_n(N) / 2\pi f_c$ 、但し L_n は自然対数」の関係式において、当該 N が0.5以上であるような条件を満たすような変調データからなるサーボデータが記録されているディスクを備えた磁気ディスク装置である。

【0018】

このような構成であれば、特にサーボデータに対応する再生信号の振幅がフラットな部分での再生信号歪の発生を抑制することが可能となる。従って、リード／ライトチャネルのPRML方式により復号化されるサーボデータの再生エラーレートを低下させることができる。これにより、特にサーボエリアから再生したサーボアドレスを使用するシーク動作等を十分な精度で実行できるため、サーボシステムの性能を向上できる。特に、本変調方法と、前記の第1の観点での変調方法とを組み合わせることにより、さらに効果的にサーボデータの再生エラーレートの低下を図ることが可能となる。

【0019】

【発明の実施の形態】

以下図面を参照して、本発明の実施の形態を説明する。

【0020】

(ディスクドライブの構成)

同実施形態のディスクドライブは、図1に示すように、垂直方向に磁気異方性を有するディスク1と、当該ディスク1を回転させるスピンドルモータ（SPM）2と、ヘッド3を搭載してディスク1上の半径方向に移動させるアクチュエータとを有するドライブ機構、及び制御・信号処理回路系を有する。

【 0 0 2 1 】

アクチュエータは、ヘッド2を搭載しているアーム（サスペンションを含む）4と、駆動力を発生するボイスコイルモータ（VCM）5とからなる。アクチュエータは、マイクロプロセッサ（CPU）14のサーボ制御により、ヘッド3をディスク1上の目標位置（目標トラック）に位置決めする。

【 0 0 2 2 】

制御・信号処理回路系は、プリアンプ回路10と、リード／ライトチャネル11と、ディスクコントローラ（HDC）12と、CPU14と、メモリ15と、モータドライバ13とを有する。プリアンプ回路10は、ヘッド3により読出された再生信号を増幅するリードアンプ、及びライトデータをライト電流に変換するライトアンプを有する。リード／ライトチャネル11は、PRML方式の信号処理を実行し、再生信号からデータ（サーボデータを含む）を復号化する。また、リード／ライトチャネル11は、ライトデータの例えばRL L符号化処理を実行する。HDC12は、ドライブとホストシステム（パーソナルコンピュータやデジタル機器）とのインターフェースを構成し、リード／ライトデータの転送制御などを実行する。

【 0 0 2 3 】

CPU14は、ドライブのメイン制御装置であり、ヘッド3の位置決め制御（サーボ制御）を実行するためのサーボシステムのメイン要素である。CPU14は、リード／ライトチャネル11により再生されるサーボデータに従って、シーク動作及びトラック追従動作を制御する。具体的には、CPU14は、VCMドライバ13Aの入力値（制御電圧値）を制御することにより、アクチュエータのVCM5を駆動制御する。メモリ15は、RAM、ROM及びフラッシュEEPROMを含み、CPU14の制御プログラム及び各種制御データを格納する。モータドライバ13は、VCMドライバ13Aと共に、スピンドルモータ（SPM）3を駆動するためのSPMドライバ13Bを有する。

【 0 0 2 4 】

（ディスクの構成）

ディスク1は、データのリード／ライト動作時には、スピンドルモータ2によ

り高速回転される。ディスク 1 は、図 2 に示すように、製造時にサーボライタと称する専用装置により、サーボデータが記録されるサーボエリア 1 0 0 が設けられる。ディスク 1 は、サーボエリア 1 0 0 を含む多数のトラック 1 0 1 が同心円状に構成される。サーボエリア 1 0 0 は、周方向に所定の間隔で配置されて、所定範囲の複数のデータセクタと共にサーボセクタを構成する。

【 0 0 2 5 】

各サーボエリア 1 0 0 には、図 2 に示すように、トラックアドレス（シリンダ番号）とサーボセクタ番号とからなるサーボアドレス 2 0、サーボバーストデータ 2 1、プリアンブル 2 2、シンク（s y n c）マーク 2 3、及びポストアンブル 2 4 を含むサーボデータが記録されている。サーボアドレス 2 0 は、トラック及びサーボセクタを識別するためのデータである。サーボバーストデータ 2 1 は、データトラック（トラック幅 T W）の範囲内（実際にトラック中心線 T C 上）にヘッド 3 を位置決めするためのトラック追従動作に使用される位置誤差データである。サーボバーストデータ 2 1 の単位は、サーボトラックのトラックピッチ T P に対応している。

【 0 0 2 6 】

（サーボデータの変調方法と再生動作）

以上のような垂直磁気記録方式のディスクドライブにおいて、前述したように、ディスク 1 からヘッド 3 により読出された再生信号には低周波成分が含まれている。このため、特に低周波数のサーボデータの再生信号は、リード／ライトチャンネル 1 1 の低域遮断の影響を受けやすい。このため、再生信号波形には歪が発生し、PRML 方式の信号処理において誤ったデータが検出されて、再生エラーレートが高くなる可能性がある。

【 0 0 2 7 】

そこで、特にサーボアドレスをサーボエリア 1 0 0 に記録する場合に、記録変調方法を改善した第 1 のサーボ変調方法を提案する。以下、図 3 から図 9 を参照して具体的に説明する。

【 0 0 2 8 】

当該第 1 のサーボ変調方法は、図 3（A）に示すサーボデータ（0／1）を、

同図（B）に示す変調データ（0101／1010）に変換し、ディスク1上にNRZI変調方式で垂直磁気記録する。同図（C）は、ディスク1上に記録するときにヘッド3から出力される記録電流波形であり、またディスク1から読出するときにヘッド3から出力される再生信号波形である。ここで、当該第1のサーボ変調方法は、記録電流波形に応じてディスク1上に形成される正極性の磁化領域30及び負極性の磁化領域31において、それぞれの長手方向（矢印33、ディスクの回転方向に相当する）の長さの総和が等しくなるように磁気記録する（図3（D）を参照）。なお、同図（D）において、横方向の矢印33において、縦方向の矢印32はトラック幅（ディスクの半径方向）を意味する。以下図4及び図5においても方向関係は同一である。

【0029】

図4は、同図（A）に示すサーボデータ（0／1）を、同図（B）に示す変調データ（01／10）に変換し、ディスク1上にNRZI変調方式で垂直磁気記録する場合である。同図（C）は、ディスク1上に記録するときにヘッド3から出力される記録電流波形であり、またディスク1から読出するときにヘッド3から出力される再生信号波形である。この場合も同様に、記録電流波形に応じてディスク1上に形成される正極性の磁化領域40及び負極性の磁化領域41において、それぞれの長手方向の長さの総和が等しくなるように磁気記録される（図4（D）を参照）。

【0030】

さらに、図5は、同図（A）に示すサーボデータ（0／1）を、同図（B）に示す変調データ（0011／1010）に変換し、ディスク1上にNRZI変調方式で垂直磁気記録する場合である。同図（C）は、ディスク1上に記録するときにヘッド3から出力される記録電流波形であり、またディスク1から読出するときにヘッド3から出力される再生信号波形である。この場合も同様に、記録電流波形に応じてディスク1上に形成される正極性の磁化領域50及び負極性の磁化領域51において、それぞれの長手方向の長さの総和が等しくなるように磁気記録される（図5（D）を参照）。

【0031】

このような第1のサーボ変調方法を適用した具体例を、図6から図9を参照して説明する。

【0032】

図7は、サーボデータの変調前データと変調後データの具体例を示す。同図(A)はプリアンブルであり、同図(B)はサーボアドレスであり、同図(C)はポストアンブルである。このような各変調後データがディスク上にNRZI変調方式で記録されている場合に、ヘッドにより読出された再生信号は、図8(A)及び図9(A)に示す波形となる。図8(A)は、低域遮断の影響を受けていない場合の再生信号波形である。一方、図9(A)は、低域遮断の影響を受けた場合の再生信号波形である。なお、便宜上、各再生信号にはノイズは含まれていないものと想定する。

【0033】

ここでは、再生信号を処理するためのリード/ライトチャネルでは、低域遮断周波数 f_c と、サーボデータの最大磁化反転間隔時間 T_{min} との関係が、「 $T_{min} \leq -\ln(0.5) / (2\pi f_c)$ 」の条件を満たすものと想定する。ここで、 T_{min} は「 $T_{min} = 2T_b$ (T_b : 変調後のビット周期)」であり、 T_b は「 $T_b = -\ln(0.5) / (4\pi f_c)$ 」である。なお、低域遮断周波数 f_c が相対的に高い場合には、サーボデータ(0/1)は、変調データ(01010101/10101010)に変換されて、NRZI変調方式で記録される。

【0034】

リード/ライトチャネルは、PRML方式の信号処理を実行し、ここではクラス2(PR2式)の等化処理後の信号に対するML復号方式(ビタビ復号方式)によるデータ検出(弁別)を実行する。図8(B)は、同図(A)に示す低域遮断の影響を受けていない場合の再生信号がPR2式で等化された後の波形である。ノイズを含まない信号の場合には、0, ± 1 , ± 2 の5値のサンプル値を取り、サンプル値0, ± 2 はデータ「0」に弁別されて、サンプル値 ± 1 はデータ「1」に弁別される。さらに、これらの弁別データは、「 $1/1+D$ 」の伝達多項式を有するポストコードにより復号されて、記録データである変調後データに復

調される。さらに、前記の第 1 のサーボ変調方法によりサーボデータがディスク 1 上に記録されている場合には、リード／ライトチャネル 1 1 の低域遮断の影響を受けているにも関わらず、図 9 (A) に示すように、再生信号には、当該影響によるエンベロープの変動が見られない。このため、リード／ライトチャネル 1 1 において、PR 2 式で等化された後の再生波形は、同図 (B) に示すように、サンプル値には多少のシフトが発生するが、図 8 (B) に示す低域遮断の影響を受けていない場合の等化再生信号波形と同様に、サンプル値から ML 復号によりデータ (0 / 1) の検出がなされたときに、正常な弁別データを得ることが可能となる。

【 0 0 3 5 】

図 6 は、低域遮断の影響を受けていない場合において、同実施形態に関するデータの変調及び復調のプロセスを示す図である。同図 (A) は、サーボアドレスの変調前データを示す。同図 (C) は、同図 (B) に示す変調後データを NRZI 記録した後に、リード／ライトチャネルで PR 2 式の等化处理により得られたサンプル値を示す。同図 (D) は、サンプル値から ML 復号によりデータ (0 / 1) の検出がなされた弁別データを示す。さらに、同図 (E) は、ポストコードにより復号 (復調) された変調後データである。

【 0 0 3 6 】

ここで、前記の第 1 のサーボ変調方法により、サーボデータ (0 / 1) を、正極性の磁化領域及び負極性の磁化領域それぞれの長手方向の長さの総和が等しくなるように変調記録した場合でも、再生信号の振幅がフラットな部分は、ほぼ $\exp(-2\pi \cdot f_c \cdot t)$ でゼロレベルに向かって変化し、再生信号波形に信号歪が発生することが実験的に確認されている。

【 0 0 3 7 】

そこで、同実施形態の第 2 のサーボ変調方法として、前述したように、サーボデータの最大磁化反転間隔時間 T_{min} が、リード／ライトチャネル 1 1 の低域遮断周波数 f_c に対して、「 $T_{min} \leq -1n(0.5) / (2\pi f_c)$ 」の条件を満たすような変調記録を行なうことが有効である。ここで、「 $1n$ 」は自然対数を意味する。この第 2 のサーボ変調方法により、再生信号波形に信号歪が発

生した場合でも、サーボデータに対する再生エラーレートが高くなることを抑制できることがシミュレーション実験により確認されている。

【0038】

図10から図14は、当該シミュレーション実験の実験結果を示している。当該シミュレーション実験では、16ビットの全てデータ「0」のサーボアドレス及び全てデータ「1」のプリアンプル、ポストアンプルのサーボデータを想定している。ディスク1には、サーボデータ(0/1)は、図10(A)に示すように、変調データ(0000/1010)に変換されて、NRZI変調方式で記録される場合を想定している。ここで、変調記録されたサーボデータの最大磁化反転間隔 T_{min} は「65 bit」とする。この場合、ヘッド3から読出される再生信号は、図10(B)に示すような再生信号波形となる。なお、当該再生信号にはノイズは含まれていないものとする。

【0039】

さらに、リード/ライトチャネルのPRML方式の信号処理が実行された場合で、低域遮断の影響を受けていない場合の再生信号では、図11(A)に示すようなPR2式の等化処理後のサンプル信号が得られる。一方、低域遮断の影響を受けた場合の再生信号では、同図(B)に示すようなPR2式の等化処理後のサンプル信号が得られる。ここで、リード/ライトチャネルの低域遮断周波数 f_c は、「 $f_c = -\ln(0.75) / (2\pi T_{min})$ 」と想定する。

【0040】

次に、再生信号のS/N比(SNR)が、「 $SNR = 37.2 \text{ dB}$ 」の場合を想定する。リード/ライトチャネルの低域遮断の影響を受けていない場合の再生信号では、図12(A)に示すようなPR2式の等化処理後のサンプル信号が得られる。一方、低域遮断の影響を受けた場合の再生信号では、同図(B)に示すようなPR2式の等化処理後のサンプル信号が得られる。この場合も、リード/ライトチャネルの低域遮断周波数 f_c は「 $f_c = -\ln(0.75) / (2\pi T_{min})$ 」である。

【0041】

図13及び図14は、再生信号のS/N比(SNR)が、「 $SNR = 37.2$

d B」の場合であって、サーボデータの最大磁化反転間隔時間 T_{min} と、リード／ライトチャネル11の低域遮断周波数 f_c との関係「 $T_{min} \leq -1/n(N) / (2\pi f_c)$ 」の条件を満たす変調記録における「N」に対するビットエラーレート（再生エラーレート）との関係を示すシミュレーション実験結果である。このシミュレーション実験結果では、「N」が「0.75」以上であれば、ビットエラーレート（再生エラーレート）が著しく抑制されることが確認される。

【0042】

以上のように、データ検出方式としてPR2クラスのPRML方式を適用した場合には、「N」が「0.75」以上でビットエラーレートが改善されるが、異なるPRクラスのPRML方式やその他のデータ検出方式を適用する場合などを考慮して、「N」は「0.5」以上になるように設計されるのが望ましい。

【0043】

【発明の効果】

以上詳述したように本発明によれば、垂直磁気記録方式に適用するデータ記録変調方法により、特にリード／ライトチャネルの低域遮断の影響を受けやすい低周波数のサーボデータの再生エラーレートを抑制することができる。従って、ヘッド位置決め制御時に、ディスクから再生するサーボデータに含まれる誤りデータの発生を抑制できるため、シーク動作等のヘッド位置決め制御の精度を向上させることができる。これにより、結果として十分なサーボシステムの性能を実現して、垂直磁気記録方式の磁気ディスク装置の実用化を推進することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明の実施形態に関する垂直磁気記録方式のディスクドライブの要部を示すブロック図。

【図2】

同実施形態に関するサーボデータの構成を説明するための図。

【図3】

同実施形態の第1のサーボ変調方法を説明するための図。

【図 4】

同第 1 のサーボ変調方法を説明するための図。

【図 5】

同第 1 のサーボ変調方法を説明するための図。

【図 6】

同実施形態に関するサーボデータの変復調のプロセスを示す図。

【図 7】

同実施形態に関するサーボデータの変調前データ及び変調後データの一例を示す図。

【図 8】

同実施形態に関する低域遮断を受けない場合の再生信号波形を示す図。

【図 9】

同実施形態に関する低域遮断を受けた場合の再生信号波形を示す図。

【図 1 0】

同実施形態の第 2 のサーボ変調方法に関するシミュレーション実験結果を示す図。

【図 1 1】

同シミュレーション実験において再生動作時のサンプル信号の状態を示す図。

【図 1 2】

同シミュレーション実験において再生動作時のサンプル信号の状態を示す図。

【図 1 3】

同シミュレーション実験において再生エラーレート特性を示す図。

【図 1 4】

同シミュレーション実験において再生エラーレートを示す図。

【図 1 5】

従来のサーボデータの変復調のプロセスを示す図。

【図 1 6】

従来の長手磁気記録方式における記録データの磁化状態及び再生信号波形を示す図。

【図 1 7】

従来の垂直磁気記録方式における記録データの磁化状態及び再生信号波形を示す図。

【図 1 8】

従来のサーボデータの変調前データ及び変調後データの一例を示す図。

【図 1 9】

低域遮断を受けない場合の再生信号波形を示す図。

【図 2 0】

低域遮断を受けた場合の再生信号波形を示す図。

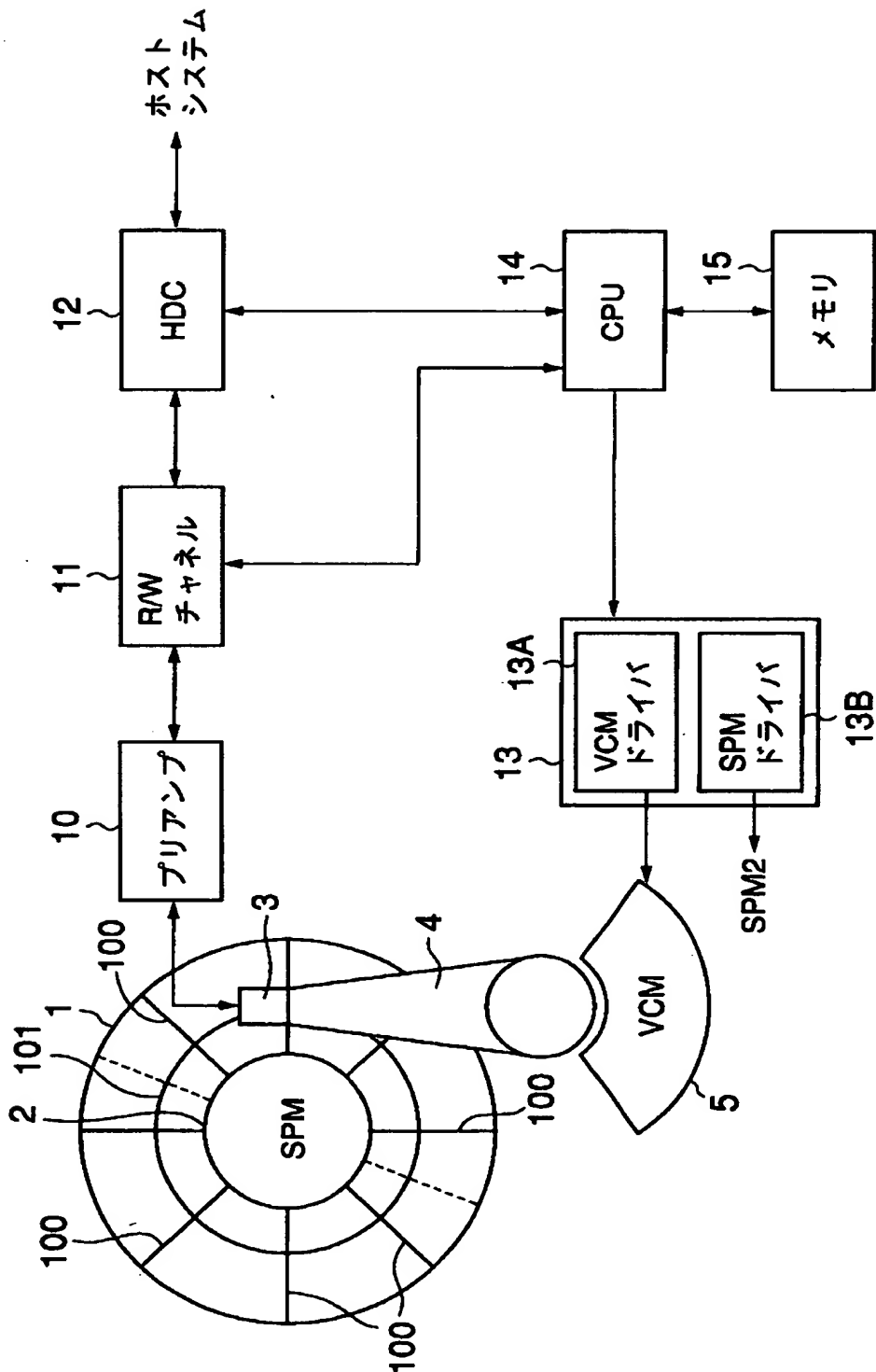
【符号の説明】

- 1 … ディスク
- 2 … スピンドルモータ (SPM)
- 3 … ヘッド
- 4 … アーム
- 5 … ボイスコイルモータ (VCM)
- 1 0 … プリアンプ回路
- 1 1 … リード／ライトチャネル
- 1 2 … ディスクコントローラ (HDC)
- 1 3 … モータドライバ
- 1 4 … マイクロプロセッサ (CPU)
- 1 5 … メモリ
- 2 0 … サーボアドレス
- 2 1 … サーボバーストデータ
- 1 0 0 … サーボエリア
- 1 0 1 … トラック

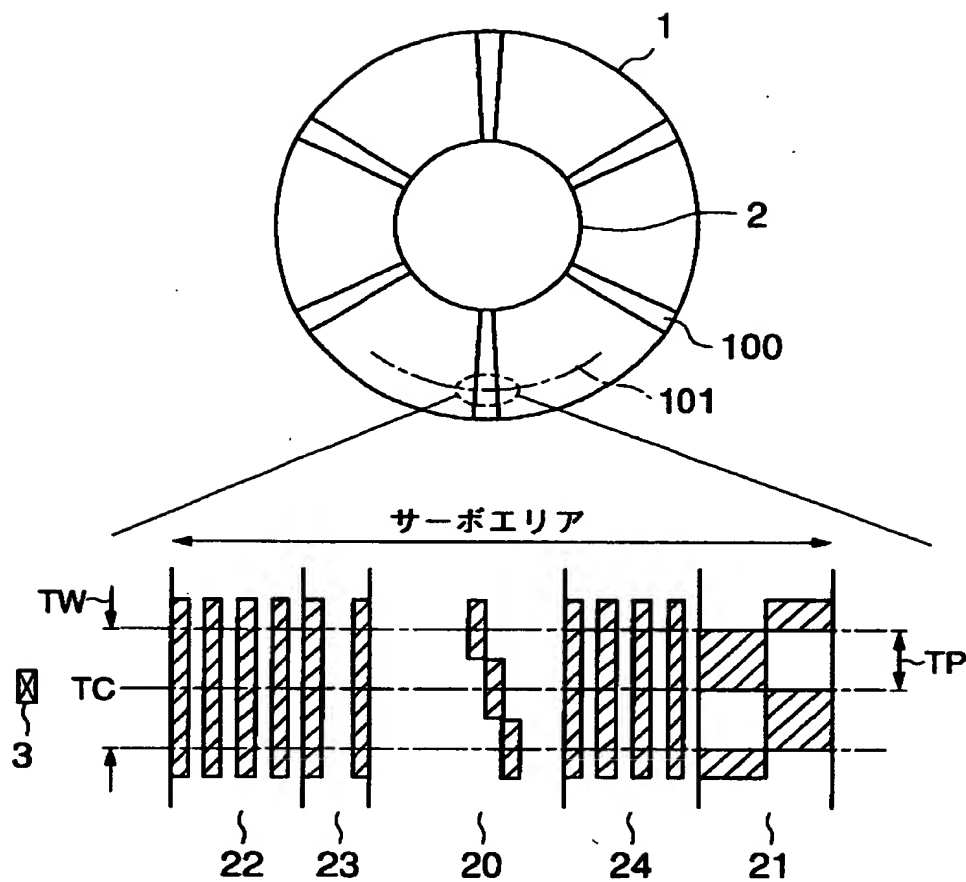
【書類名】

図面

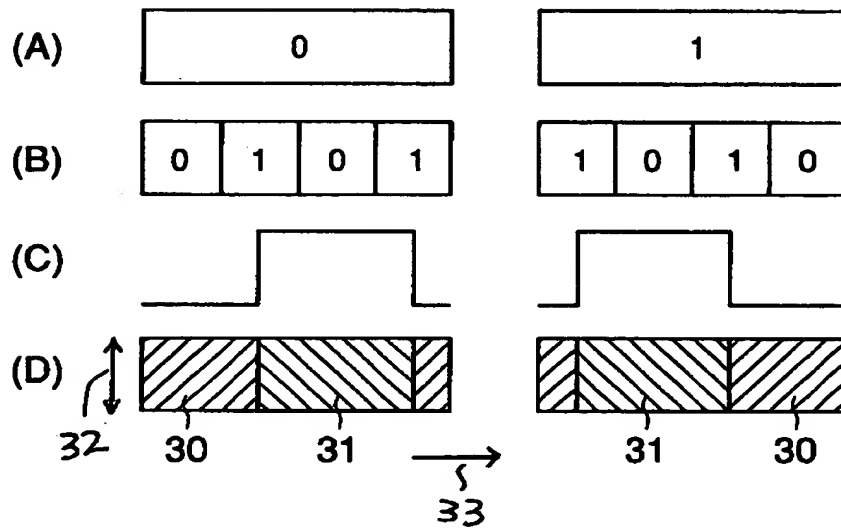
【図 1】



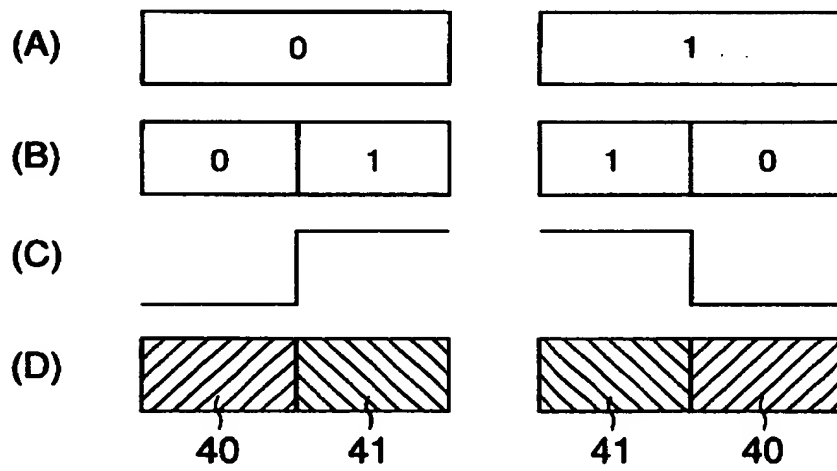
【図 2】



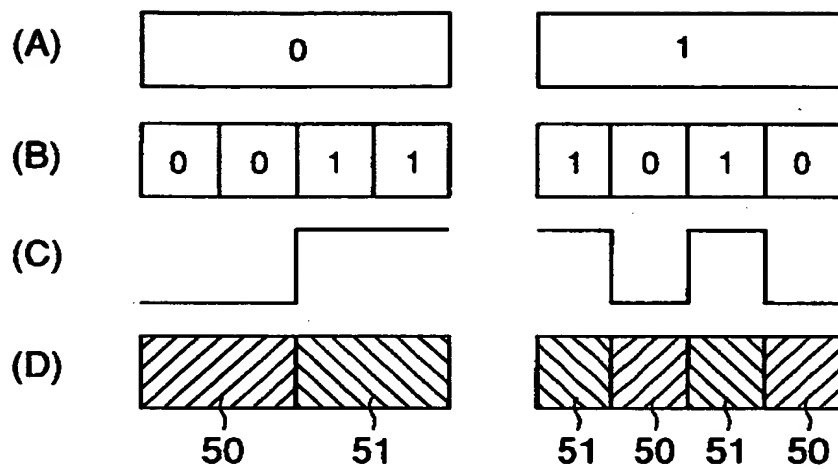
【図 3】



【図 4】



【図 5】



【図 6】

(A) 1111000011001111

(B) 101010101010100101010101010101010101
10101010101010

(C) -111-1111-1111-2-111-1111-1-1111011-1-111-2-111-1111
-1111-1111-1-1111-1111

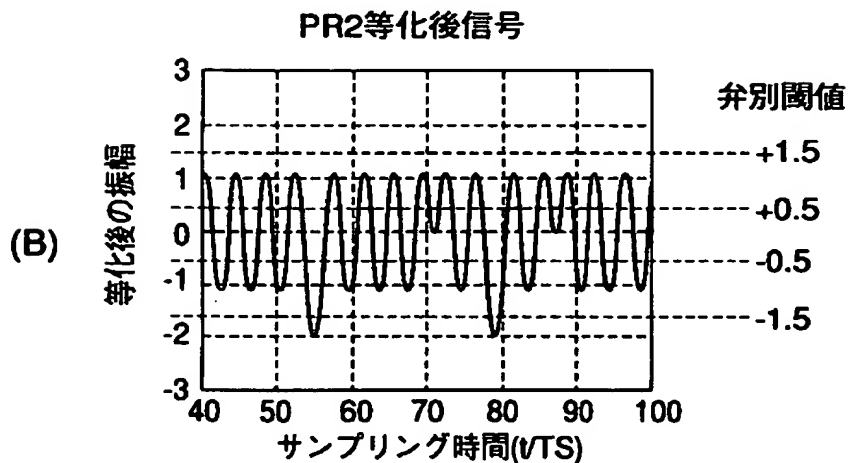
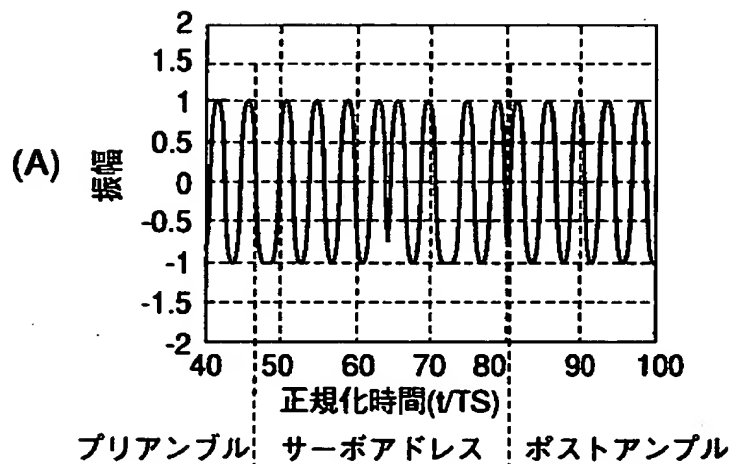
(D) 11111111111110111111111111111111111111
11111111111111

(E) 1010101010101001010101010101010101001010101
10101010101010

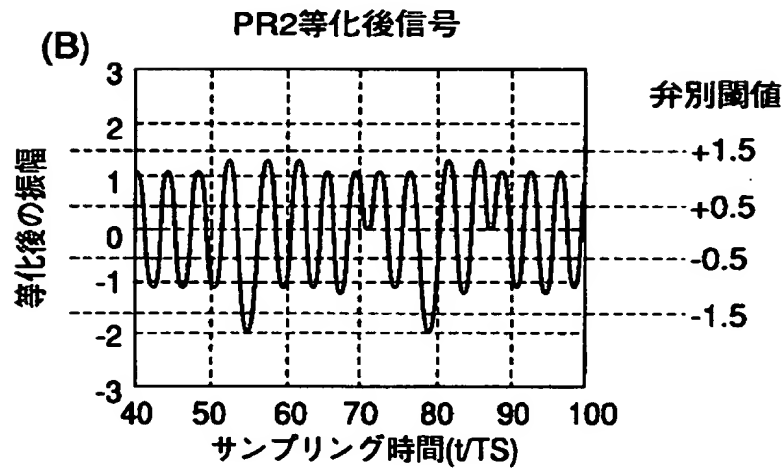
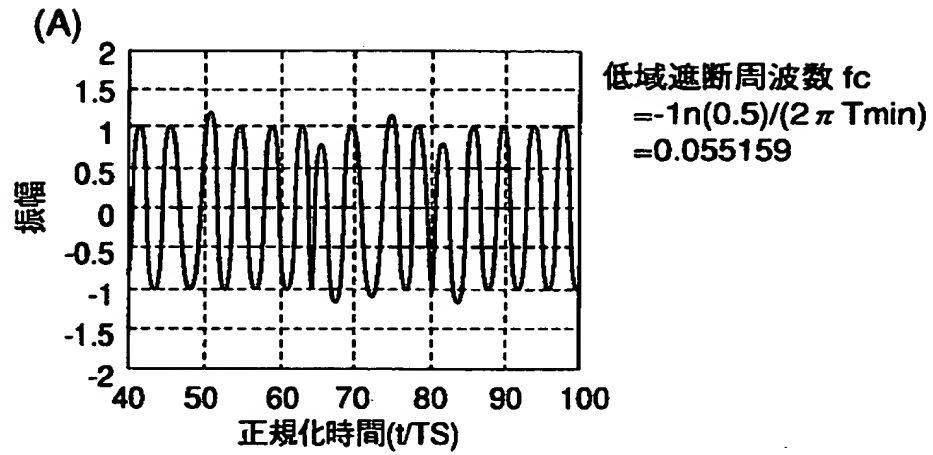
【図 7】

| 変調前データ | 変調後データ(NRZI記録) |
|--------------|---|
| (A) 1111 | 1010 1010 1010 1010 |
| (B) 00001100 | 0101 0101 0101 0101 1010 1010 0101 0101 |
| (C) 1111 | 1010 1010 1010 1010 |

【図 8】

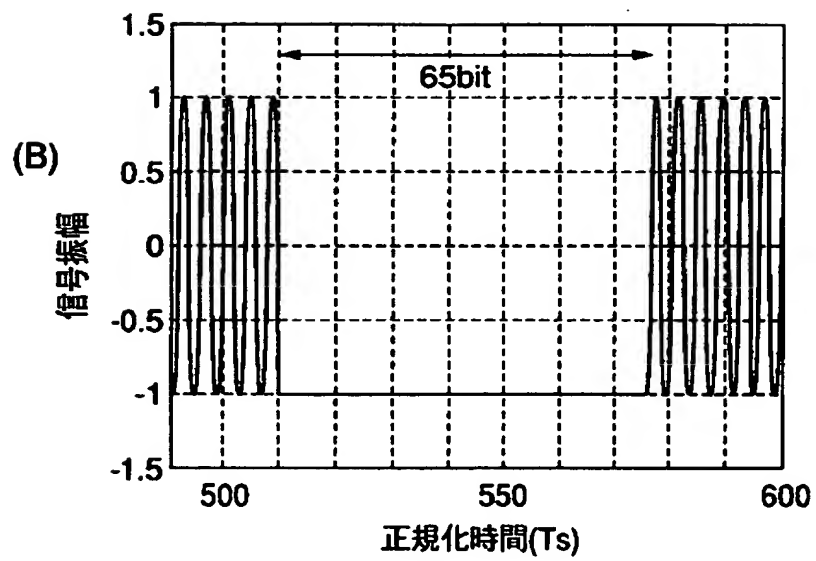


【図 9】

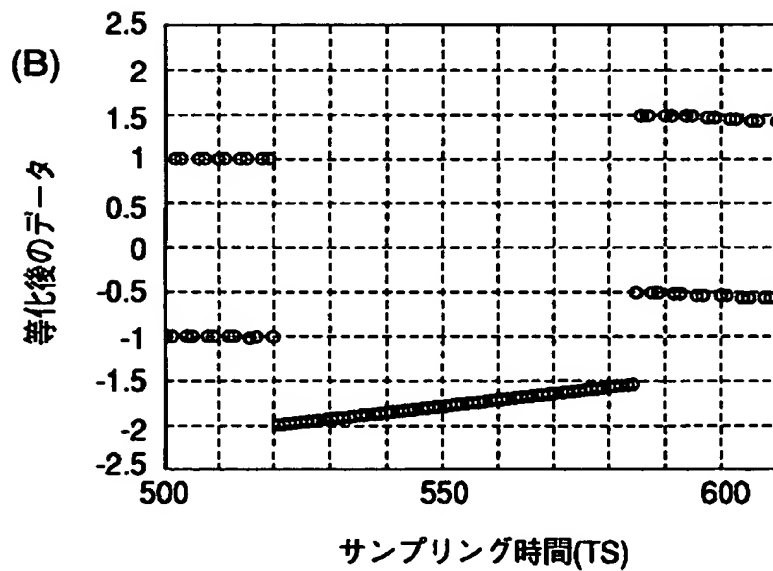
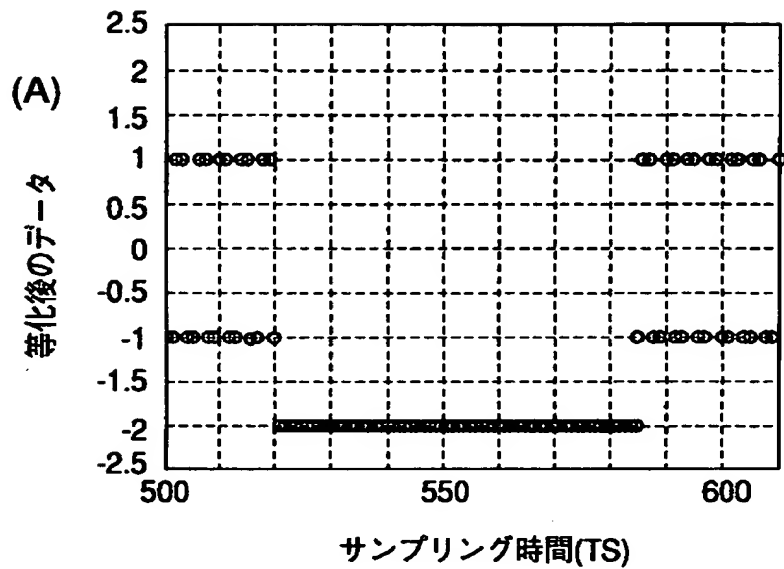


【図 1 0】

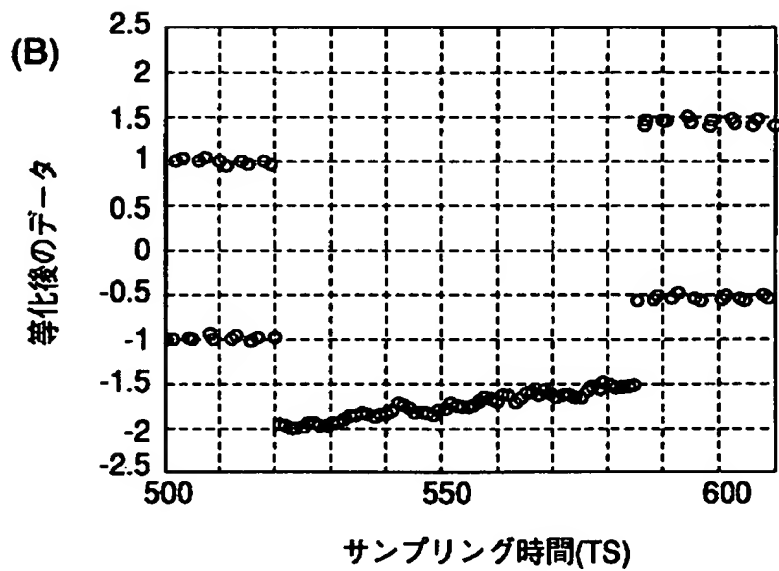
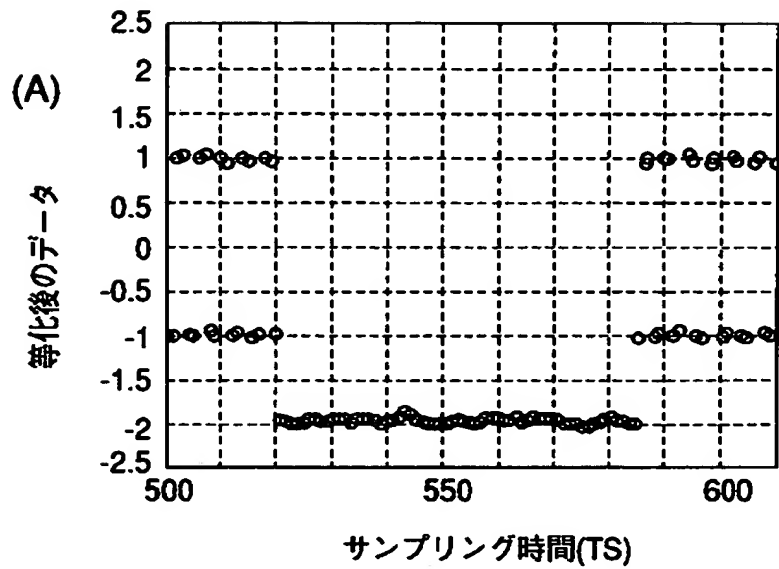
| (A) | 変調 | | NRZI記録データ |
|-----|----|---|-----------|
| | 0 | → | 0000 |
| | 1 | → | 1010 |



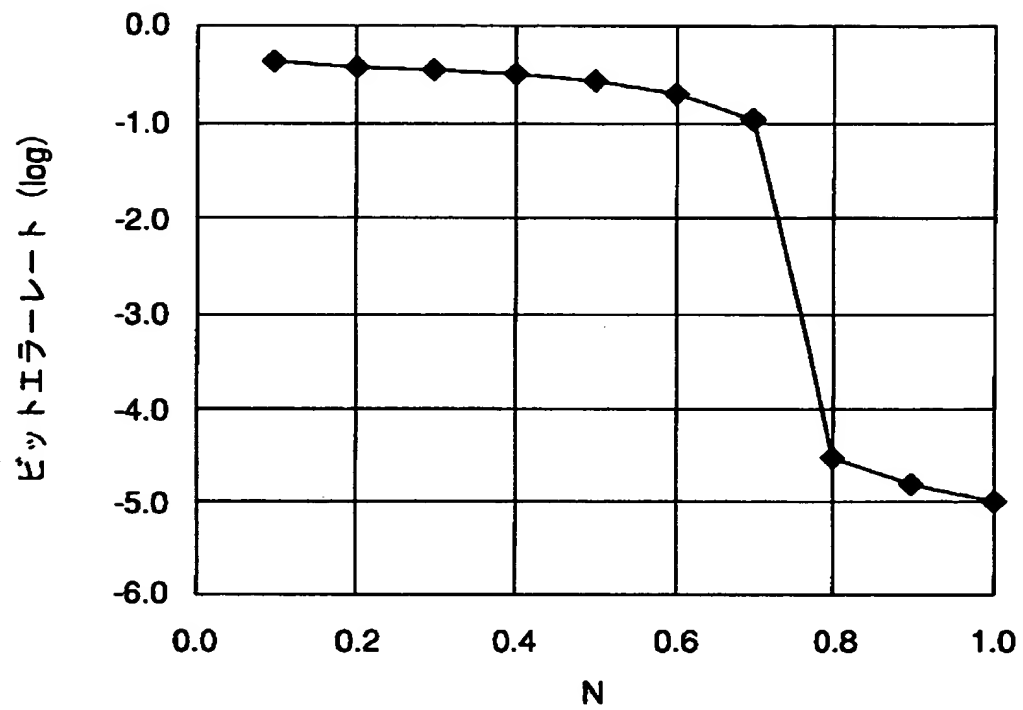
【図 1 1】



【図 12】



【図13】



【図 14】

| 最大磁化反転間隔 Tmin=65(bit) | | | |
|-----------------------|-------------------------------|-----------|-----------------|
| チャネル低域遮断周波数 | | | |
| N | $f_c = -1n(N)/(2\pi T_{min})$ | ビットエラーレート | ビットエラーレート (log) |
| 0.1 | 5.64E-03 | 4.46E-01 | -0.3506 |
| 0.2 | 3.94E-03 | 4.09E-01 | -0.3880 |
| 0.3 | 2.95E-03 | 3.81E-01 | -0.4192 |
| 0.4 | 2.24E-03 | 3.44E-01 | -0.4631 |
| 0.5 | 1.70E-03 | 2.97E-01 | -0.5272 |
| 0.6 | 1.25E-03 | 2.26E-01 | -0.6454 |
| 0.7 | 8.73E-04 | 1.14E-01 | -0.9419 |
| 0.8 | 5.46E-04 | 2.93E-05 | -4.5324 |
| 0.9 | 2.58E-04 | 1.49E-05 | -4.8268 |
| 1.0 | 0.00E+00 | 1.10E-05 | -4.9586 |

【図 15】

(A) 1111000011001111

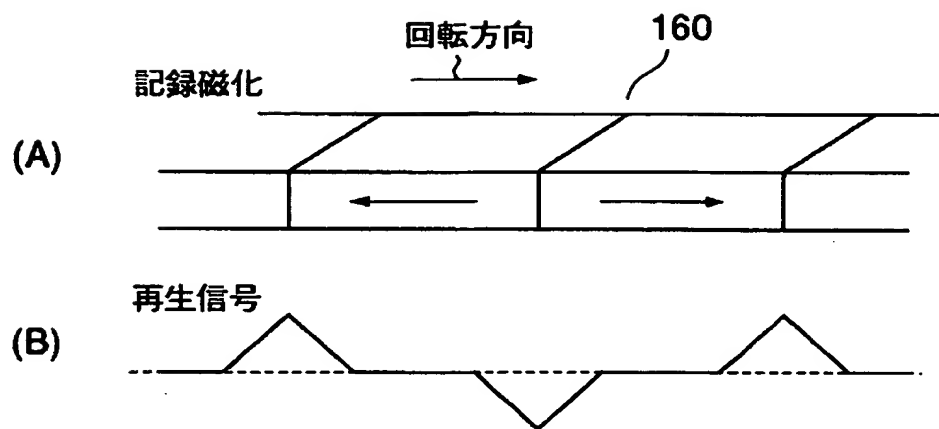
(B) 10101010101010000000000001010101000000000
10101010101010

(C) -111-1111-1111-11-22-22-22-22-22-22-11-1-111-1-2-2-2-2-2-2-2
-11111-1111-11111111

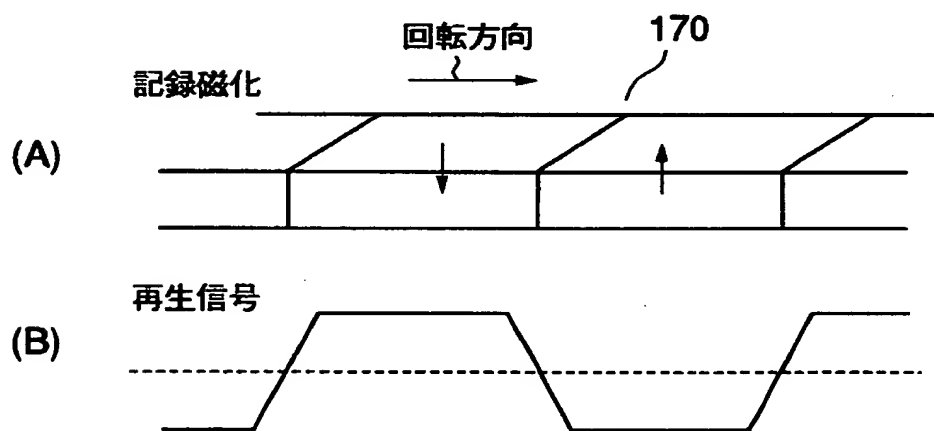
(D) 1111111111111100000000000000111111100000000
1111111111111111

(E) 1010101010101000000000000000101010100000000
10101010101010

【図 1 6】



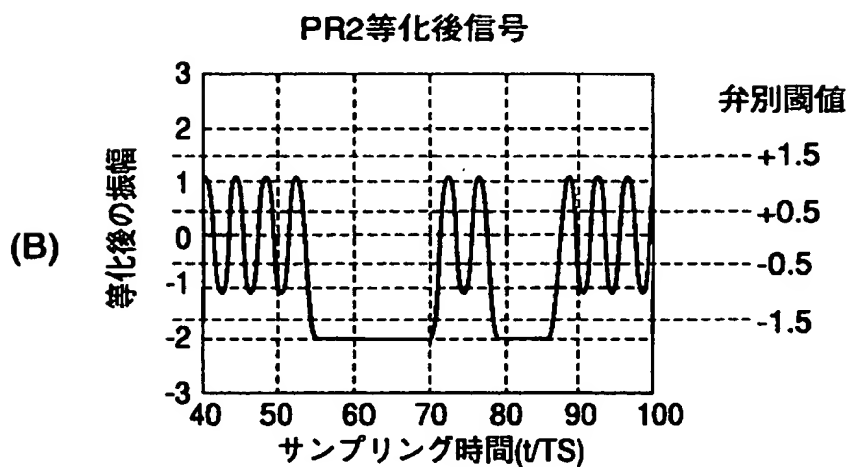
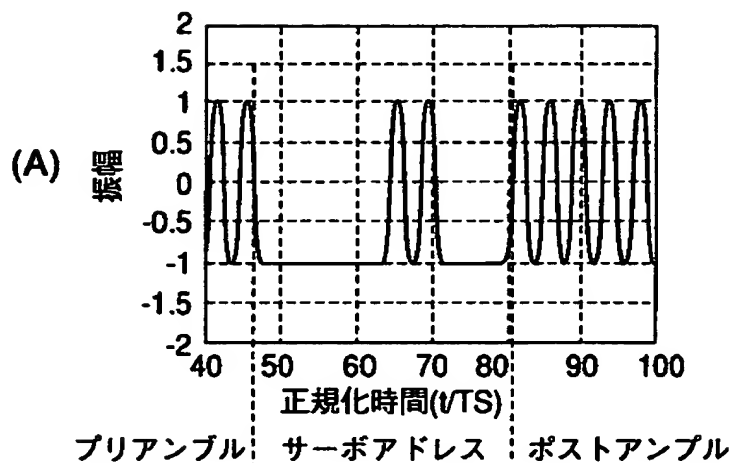
【図 1 7】



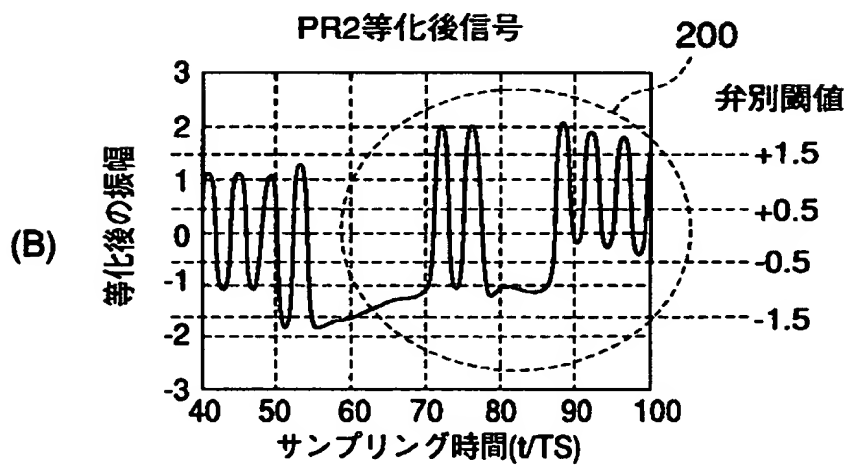
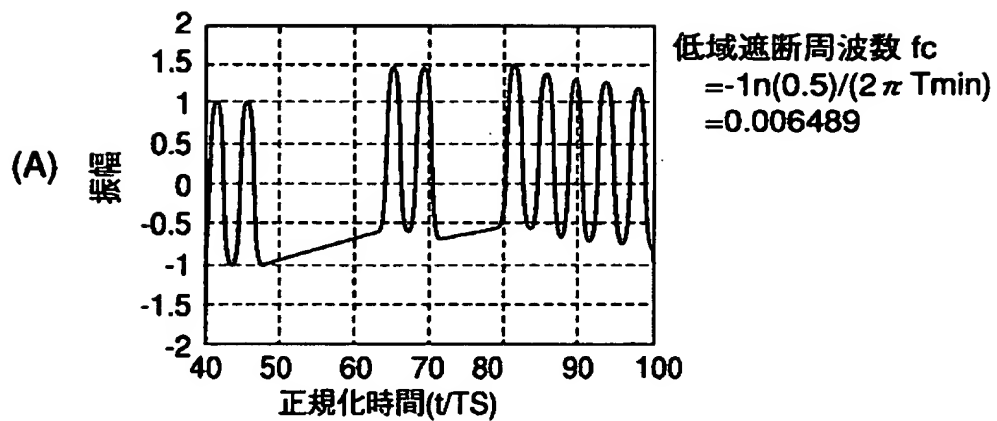
【図 1 8】

| 変調前データ | 変調後データ(NRZI記録) |
|--------------|---|
| (A) 1111 | 1010 1010 1010 1010 |
| (B) 00001100 | 0000 0000 0000 0000 1010 1010 0000 0000 |
| (C) 1111 | 1010 1010 1010 1010 |

【図 1 9】



【図 2 0】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 特に低域遮断の影響を受けやすいサーボデータの再生エラーレートを向上させて、十分なサーボシステムの性能を実現して、垂直磁気記録方式の磁気ディスク装置の実用化を推進することにある。

【解決手段】 垂直磁気記録方式でのサーボデータの記録変調方法が開示されている。サーボデータ（0／1）は、変調データ（0101／1010）に変換されて、ディスク上にNRZI変調方式で垂直磁気記録される。ディスク上に記録するときにヘッドから出力される記録電流波形により、正極性の磁化領域30及び負極性の磁化領域31において、それぞれの長手方向の長さの総和が等しくなるように変調記録される。

【選択図】 図3

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000003078]

| | |
|----------|------------------|
| 1. 変更年月日 | 1990年 8月22日 |
| [変更理由] | 新規登録 |
| 住 所 | 神奈川県川崎市幸区堀川町72番地 |
| 氏 名 | 株式会社東芝 |